

HERRAMIENTAS DE LOS SISTEMAS DE GESTION DE REDES VIALES NO PAVIMENTADAS APLICACIONES EN DISTINTAS REGIONES DE LA ARGENTINA

Edgardo Masciarelli, Marcelo Zeballos, Fernando Marhuenda, Pablo Arranz
Inst. Sup. de Ing. del Transporte. U.N.C, Argentina.

RESUMEN

La restricción de recursos destinados al mantenimiento de los caminos ha obligado a los sectores vinculados a la actividad vial, a buscar metodologías que permitan asignarlos correctamente. De esta forma resulta posible alcanzar los objetivos y metas trazadas, es decir, mantener un determinado nivel de estado de los caminos que permitan la accesibilidad y movilidad. Al mismo tiempo, este sistema posibilita valorar los requerimientos de mejoras en la estructura.

La necesidad planteada ha motivado numerosos estudios a nivel mundial que llevan a la constitución de *Sistemas de Gestión Vial*. Estos sistemas deben generar la información para la definición de las obras a encarar, su identificación en el tiempo y la cuantificación del beneficio respecto de planteos de mantenimiento y mejoramientos alternativos.

Se muestran aplicaciones concretas del uso de herramientas de predicción del deterioro en caminos no pavimentados de la República Argentina, y se incluyen los usos de estas aplicaciones en el desarrollo de estudios integrales de una red combinada (caminos pavimentados y no pavimentados). En este último caso, se analiza la influencia de variables exógenas en la política de conservación planteada y se presentan los resultados aplicados a la planificación y confección del programa de inversiones. Los resultados obtenidos permiten formular consideraciones sobre los requerimientos de inversiones de mejoramiento de la red.

1. INTRODUCCION

La restricción de recursos destinados al mantenimiento de caminos ha obligado a los sectores vinculados a la actividad vial, a establecer metodologías que permitan asignarlos adecuadamente para alcanzar los objetivos y metas trazadas. Es decir, mantener un determinado nivel de estado de los caminos que permitan la accesibilidad y movilidad.

A consecuencia de esta disminución de recursos destinados al sector vial en todos los países, en especial los latinoamericanos, se está produciendo un cambio en la dirección de las inversiones. Se están dejando de lado las opciones de obras nuevas para destinar las inversiones en la

conservación y mantenimiento de las existentes, llevándolas a condiciones adecuadas en función de las demandas de tránsito y funciones de la vía.

La asignación de recursos requiere el planteo de alternativas convenientemente evaluadas (en sus aspectos técnicos, sociales, económicos, etc.) que den sustento a una toma de decisión administrativa o política. En otras palabras, la gestión se dirige hacia la toma de decisiones adecuadas acerca de qué política de mantenimiento seleccionar, cómo, cuándo y dónde aplicarlas, y el impacto que la misma ha de producir tanto en la sociedad en general, como en los usuarios directos del sistema en particular, y hasta en la misma administración.

El trabajo presentado procura señalar las conclusiones obtenidas en el empleo de herramientas de un sistema de gestión vial, orientado a los aspectos de organización de la administración de caminos no pavimentados, además de integrados con la red pavimentada. Se muestran las aplicaciones realizadas por los autores sobre sectores de la red vial Argentina. En todos los casos, las ejemplificaciones que se presentan tienen como objetivo fundamental la formulación de una metodología de trabajo de fácil extensión e implementación en los organismos encargados de la toma de decisión. Asimismo, se presentan resultados de un estudio comparativo tendiente a la toma de decisión en la definición de obras de mejoramiento en la vía. Estas experiencias, permiten indicar la incidencia de las condiciones climáticas y de tránsito en la definición de las obras.

2. MODELOS DE EVALUACION Y PREDICCION DEL DETERIORO

La extensión de la red no pavimentada en Argentina, junto con sus condiciones de uso, motiva ciertas restricciones a la hora de establecer los elementos a ser modelados en la predicción del deterioro. Igualmente, resulta de interés formular procedimientos que no impliquen dificultades exageradas a la hora de recolectar la información de campo. Los modelos de aplicación mundial toman en consideración estos aspectos y procuran la generación de herramientas que, al mismo tiempo de ser precisas y confiables, tengan condiciones de uso relativamente sencillas.

Se han generado dos áreas de desarrollo en el campo de los modelos de evaluación y predicción: los sistemas basados en la cuantificación o calificación de un estado de deterioro a partir de la observación de determinados elementos en la zona de camino, y los sistemas que procuran pronosticar las condiciones de evolución del deterioro a partir de un estado inicial y a través de la especificación de los efectos ocasionados por los trabajos de mantenimiento previstos.

En el primero de los grupos pueden destacarse dos sistemas de evaluación: Paver y Paser. El sistema Paver ha sido desarrollado por el U.S. Army Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL), de los EE.UU. (Eaton, et al, 1988). El sistema de evaluación visual identifica la intensidad con la que se presentan, en el tramo testigo, efectos tales como; deficiencias en el drenaje, corrugaciones, pérdidas de material superficial, etc. Ejemplos sobre la aplicación del sistema de valoración en seis localizaciones de los Estados Unidos de Norte América son presentados por Eaton, R.A. & Gerard, S. (1991). En Argentina, los autores han desarrollado aplicaciones de este sistema en las provincias de Neuquén (ISIT, 1995), Chaco (ISIT, 1994) y Córdoba (Masciarelli et al, 1993).

El sistema Paser (basado también en una apreciación visual) ha sido formulado para caminos pavimentados y no pavimentados, y tiene sus orígenes en el Transportation Center de la Universidad de Wisconsin en Madison, EE.UU. Walker (1991) describe la aplicación del sistema, en el cual los principales condicionantes del deterioro son los factores generales antes señalados: precipitaciones, circulación de vehículos pesados y trabajos de mantenimiento realizados. Un sistema de valoración similar a los antes indicados es el presentado por Horta (1991), aplicado en el Zaire y basado en la evaluación visual del estado, para luego formular las recomendaciones de mantenimiento pertinentes según el índice obtenido.

En el campo de los modelos cuantitativos pueden nombrarse los siguientes como los elementos de mayor aplicación: RTIM2, MDS y HDM. El primero (RTIM2) ha sido desarrollado por el Transport and Road Research Laboratory, del Reino Unido. Las características generales del modelo son presentadas por Parsley, L. & Robinson, R. (1982). El modelo es influido en forma dominante por tres variables, tránsito, precipitaciones y características de los materiales. Aplicaciones del mismo se presentan en dos regiones de Tailandia.

El modelo MDS (Maintenance and Design System) desarrollado por Visser y Hudson (1983) ha sido formulado sobre la base de un estudio de campo realizado en Brasil. Al igual que en el caso anterior el modelo presenta una relativa sencillez en su definición, aunque esto implique una limitación en cuanto a sus posibilidades de aplicación en zonas diferentes a aquellas que sirvieron de base para su formulación. Las características granulométricas de los materiales y la evaporación en el mes más cálido se presentan como variables adicionales.

El modelo HDM constituye uno de los sistemas que mayor cantidad de estudios de campo ha empleado como respaldo en su formulación. Su elaboración corresponde al Banco Mundial (Visser et al, 1983, Paterson, 1987). Un ejemplo de aplicación del sistema es presentado por Queiroz, ety al (1991). La aplicación ha sido realizada en Guinea Bissau sobre una red no pavimentada de 1984 km. de longitud. En esa oportunidad, la falta de información numérica correspondiente al estado de la red estudiada ha sido suplida por una equivalencia, propuesta por el autor, entre las condiciones del camino y el valor de la rugosidad, medida en IRI.

La influencia del clima o de las características resistentes de los materiales afectados ha sido considerada por diversos autores (Jones y Promprasintn, 1991, Rada, et al., 1989)

El modelo final resultante es el denominado HDM-III (Watanatada et. al, 1987). El mismo contiene modelos de predicción del deterioro, tanto para caminos pavimentados como no pavimentados. En este último caso valora dos elementos de interés en la calzada; la rugosidad y la pérdida del material superficial. Permite la formulación de análisis económicos de las inversiones previstas y los costos de operación de los vehículos circulantes. De esta forma, el modelo se constituye en una importante herramienta en la planificación de los trabajos de conservación y mejoramiento de las redes no pavimentadas. Versiones simplificadas del mismo han sido formuladas bajo la denominación HDM-Manager (Sayer, 1986) y VOC.

Los autores han realizado aplicaciones conjuntas de estos últimos modelos, considerando a los mismos como las herramientas de apoyo en el sistema de gestión de la red no pavimentada en las

Provincias de Córdoba, Neuquén y Chaco (Masciarelli et. al, 1993). Las consideraciones generales de los estudios realizados se presentan a continuación.

3. APLICACIONES EN ARGENTINA

3.1. Modelaciones de caminos no pavimentados

Los estudios realizados afectan caminos no pavimentados típicos de las Provincias de Córdoba, Chaco y Neuquén. En los mismos se han analizado las características regionales de las vías de comunicación, identificando sus elementos: composición estructural y materiales que constituyen la estructura del camino, condiciones de conservación y operaciones típicas de cada zona. Igualmente, se han categorizado los estados generales de deterioro a través de la aplicación del sistema PAVER, incorporando la información en Bases de Datos, y permitiendo la sistematización de la misma y la visualización de resultados, tanto gráfica como numéricamente en referencia al estado de la red.

La información ha permitido la identificación de los aspectos dominantes en las vías de cada una de las tres regiones analizadas. Las características particulares de cada sección modelada se comentan a continuación:

- *Vías en la Provincia de Córdoba.* Se evalúa un tramo de camino típico de la zona llana, con actividad agrícola - ganadera. La superficie de rodamiento está constituida por terreno natural (limo arcilloso) compactado. Corresponde a vías localizadas en la zona central del país, caracterizada por la existencia de climas templados a semi-áridos.
- *Vías de la Provincia del Chaco.* Representa una sección de la zona llana de aquella provincia del Norte del País. Las condiciones estructurales de los caminos hacen referencia a superficies naturales (arcillas limosas) compactadas. Las condiciones de apoyo definidas por la subrasante de estos tramos resultan menos resistentes que las formuladas en la zona anterior. El clima de la región resulta de tipo subtropical húmedo.
- *Vías de la Provincia del Neuquén.* Representa un camino enripiado de esta provincia en el sur del país. En esta región la incidencia de la actividad económica (industria petrolera) afecta notablemente la conservación de los caminos (circulación de vehículos pesados). Los materiales dominantes en superficie son gravas graduadas localizadas sobre subrasantes de resistencia elevada.

En los casos bajo análisis se han asumido condiciones globales de utilización de la vía, junto con la aplicación de políticas de conservación y mejoramiento genéricos permitiendo de esta forma la evaluación de los aspectos tanto físicos como económicos.

Las políticas de conservación y mejoramiento planteadas comprenden las siguientes acciones: trabajos de nivelación programados en el tiempo, con diversos intervalos de tiempo entre cada acción, reposición de material granular, construcción de tratamientos bituminosos superficiales tipo doble, o construcción de concreto asfáltico.

Estas políticas han sido evaluadas bajo la acción de diversos volúmenes de tránsito, cubriendo un rango comprendido entre 50 y 750 vehículos por día. Con la intención de realizar una estimación

general del comportamiento, la composición vehicular adoptada implica vehículos livianos (automóviles) y vehículos pesados (camiones).

Las modelaciones realizadas comprenden análisis en un período de 15 años. El modelo empleado permite identificar el comportamiento de dos variables representativas del estado general del sistema: rugosidad y pérdidas del material en la superficie de rodamiento.

La modelación efectuada puede ser analizada bajo la aplicación de diversos indicadores económicos: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), costos de operación, de mantenimiento y capital, costos totales actualizados a determinada tasa de referencia, relación Valor Presente Neto inversión, relación Beneficio - Costo (B-C), etc.

La magnitud de las obras propuestas como mantenimiento de camino no pavimentado (nivelaciones o reposiciones de ripio) privilegian las mismas en indicadores económicos tales como la Tasa Interna de Retorno o la relación Beneficio - Costo. Sin embargo, esta consideración no resulta adecuada cuando el análisis se efectúa dentro de una planificación con un horizonte de tiempo mayor (10 a 15 años). En este sentido, se ha empleado en el análisis el VPN de la diferencia entre costos, de la opción de mantenimiento o mejora respecto de la base. El Cuadro N° 1 es un resumen de los resultados obtenidos, señalando para cada tipo de vía y nivel de tránsito la opción de intervención de mejor rendimiento.

La distribución de estos indicadores puede observarse, a modo de ejemplo en la Figura N° 1.

Los resultados obtenidos permiten identificar los "umbrales" de tránsito que justifican la ejecución de obras de mejoramiento en los tramos analizados. Estos muestran para idénticas condiciones de tránsito la incidencia de los aspectos climáticos y de materiales componentes de la calzada. Estos valores pueden considerarse inicialmente conservadores, a la luz de la no cuantificación de variables exógenas al problema del mantenimiento de la red. En este sentido, el parámetro que mayor incidencia puede establecer es la accesibilidad a la tierra.

Por otra parte, cuantificados los costos totales del sistema (conservación y operación), los mismos han sido actualizados a la tasa de referencia (12%) y normalizados en función del volumen total de tránsito.

Las características de la política de mantenimiento definida permite el vínculo entre los costos absolutos de la misma y los anteriores costos totales normalizados. La representación gráfica de los resultados obtenidos en Córdoba se presenta en la Figura N° 2. Se observa que para el conjunto de volúmenes de tránsito modelados existe una condición de mínimo costo total sobre el usuario, dependiendo la eficiencia de la inversión respecto del volumen afectado. Las envolventes de mínimo costo obtenidas en la Figura N° 3. La gráfica señala la existencia de costos mínimos para el usuario con bajas inversiones, como puede suponerse intuitivamente. Ese postulado resulta válido para niveles de tránsito bajo.

Igualmente, este costo se reduce considerablemente cuando se aumenta el nivel de inversión para mayores tránsitos (superiores a 300 vehículos). Existe una zona intermedia que implica costos

unitarios mayores, y que involucra a prácticamente la totalidad del rango de volúmenes de tránsito estudiados.

Cuadro 1
Indicadores Económicos (VPN) para los tramos representativos en función del Tránsito.
Política de acción con mejor VPN.

ZONA	TMDA	OPCIÓN MANTENIMIENTO	VPN (12%) (Millones \$)
CORDOBA	50	Nivelación	0.02
	100	Nivelación	0.05
	150	Nivelación	0.08
	250	Trat. Superficial Doble	0.33
	500	Trat. Superficial Doble	1.14
	750	Concreto Asfáltico	2.14
CHACO	50	Nivelación	0.03
	100	Nivelación	0.12
	150	Nivelación	0.21
	250	Nivelación	0.43
	500	Trat. Superficial Doble	1.24
	750	Concreto Asfáltico	2.26
NEUQUEN	50	Nivelación	0.02
	100	Nivelación	0.06
	150	Nivelación y Rep. de Mat.	0.14
	250	Trat. Superficial Doble	0.82
	500	Trat. Superficial Doble	2.14
	750	Concreto Asfáltico	4.10

4. EVALUACION INTEGRAL DE LA RED

Como aplicación del sistema en forma integral en la gestión de la red, se ha propuesto el análisis global de la red vial de la Cuenca de General Deheza, la que se encuentra ubicada al sur-este de la provincia de Córdoba. La misma está compuesta por 210 km. de caminos no pavimentados,

completándose con un tramo de la Ruta Nacional N° 158 (pavimentada), entre las localidades de Villa María y Río IV (209 km.).

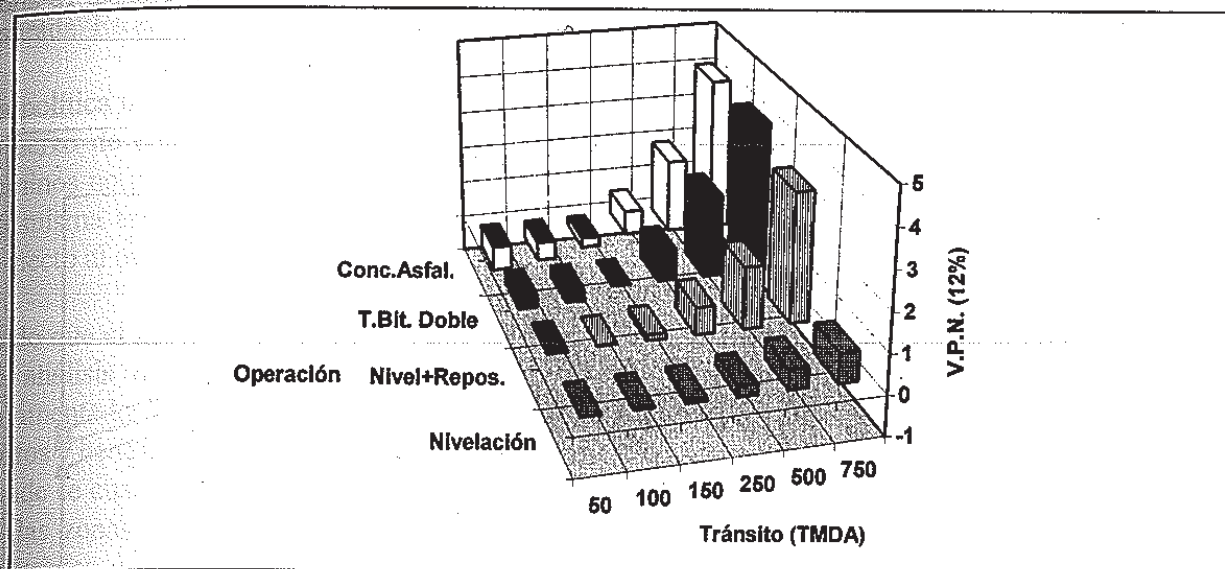


Figura 1 : Ejemplo de los Indicadores Económicos en Neuquén

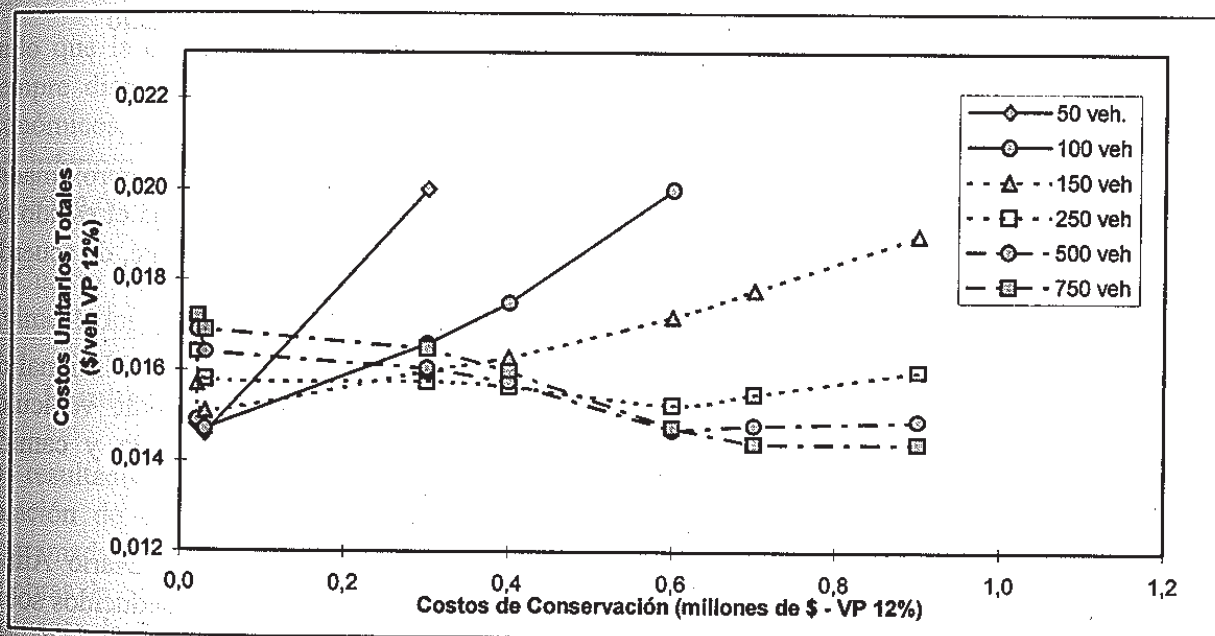


Figura 2 : Costos Unitarios Totales en Córdoba

La modelación se realizó mediante el modelo HDM-III que permite realizar análisis integrado de la red, así como la incorporación de beneficios exógenos producto de la mayor transitabilidad debido a un adecuado mantenimiento.

Respecto de los elementos económicos empleados han sido definidas las siguientes tasas de referencia: 0%, 8%, 10% y 12%. Las mismas son utilizadas a la hora de establecer los indicadores económicos resultantes de la comparación de cada alternativa de acción respecto de la condición base (o de ejecución del mínimo mantenimiento), estableciéndose como periodo de análisis 15 años (Masciarelli, et. al 1993).

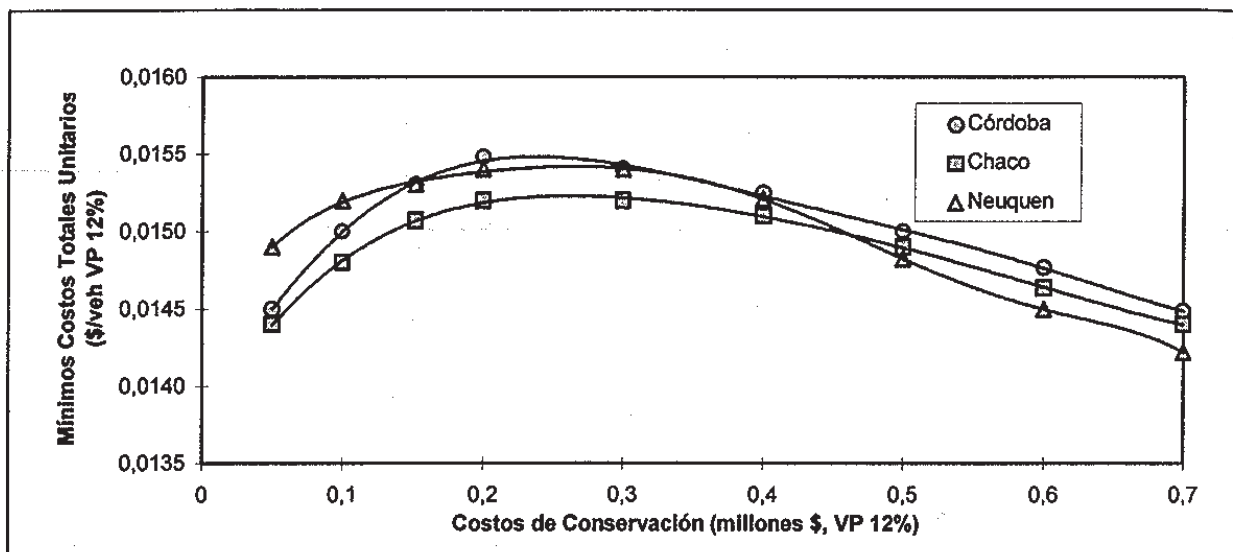


Figura 3 : Mínimos Costos Unitarios para Políticas Óptimas en Función del Tránsito

4.1. Variables del sistema

El sector en estudio se enmarca dentro de una zona agrícola - ganadera. Las longitudes aproximadas de los caminos han sido establecidas a partir de estudios anteriores, donde se refleja el estado de los caminos en función de una escala cualitativa; la que fue cuantificada posteriormente, de acuerdo a las variables de entrada necesarias para el modelo.

Para los tramos pavimentados se adoptaron los valores determinados por la Dirección Nacional de Vialidad, en la última evaluación de estado realizada (D.N.V. 1995). Los tipos de vehículos considerados han sido: automóvil, ómnibus, camión simple, camión con acoplado y camión semirremolque, afectándolos de una tasa de crecimiento anual del 1%.

Para los caminos de firme natural se adoptaron los valores de Tránsito Medio Diario Anual expresados en el estudio antes mencionado. En su oportunidad los mismos fueron deducidos sobre la base de la consideración de las actividades económicas desarrolladas en la región y de los requerimientos de las mismas a la hora de producir la movilización de la producción y los insumos.

En cuanto a las políticas de mantenimiento, se adoptó una conservación mínima para todo el sistema base. La misma representa el conjunto de tareas mínimas que deberían realizarse en el sistema bajo las condiciones actuales de funcionamiento. Esta situación implica el desarrollo de erosiones relativamente importantes en las zonas rurales, al mismo tiempo que la intransitabilidad de algunos

sectores de la Ruta Nacional N° 158 durante un cierto periodo del año. Las tareas programadas dentro de esta opción consisten en la ejecución de mantenimiento de rutina (limpieza de alcantarillados y conservación de banquetas), bacheo anual del 10% de la superficie fisurada y realización de obras de sellado cuando se alcanza niveles de deterioro superiores al 20% del área fisurada. En el caso del sistema no pavimentado se han programado nivelaciones cada seis meses.

La política de mantenimiento mejorando las condiciones de la base incorpora la realización de un refuerzo de concreto asfáltico bajo condiciones de rugosidad preestablecidas. En el caso de los caminos no pavimentados se ha optado por una única política de mantenimiento para el conjunto. La misma está basada especialmente en la ejecución de nivelaciones con una mayor frecuencia respecto al escenario de base.

Dado que el proyecto produce mejoras en la transitabilidad de los caminos de la cuenca, se realizó un análisis de los costos exógenos producto de la mayor accesibilidad de los caminos no pavimentados de la Ruta Nacional N° 158. Estos datos provienen de un estudio que analiza los costos y beneficios por la realización de un proyecto controlador de la cuenca (De Prada, et al. 1994), donde se cuantifican los costos del usuario por pérdidas de terreno cultivable debido al crecimiento de las zonas erosionadas, por la inundación del área urbana próxima, por la sedimentación de materiales, por la intransitabilidad de la red vial de la cuenca. De este análisis, se adoptaron solo los valores resultantes de la accesibilidad de los caminos pavimentados y no pavimentados (PROYECTO 1), para no introducir variables no consideradas en el trabajo y que distorsionen los resultados finales.

Dado que la cuantificación de variables exógenas, es una tarea cuya metodología de cálculo es siempre discutible, se decidió la realización de un análisis de sensibilidad de los indicadores económicos, generando dos proyectos adicionales cuyos costos de construcción y mantenimiento son inferiores en un 25% y 50% respectivamente (PROYECTO 2 y 3). Los beneficios por la ejecución de obras se consideraron a partir del segundo año del periodo de análisis.

En Cuadro 2 se presentan los costos exógenos de la intransitabilidad en caminos no pavimentados y pavimentados, para cada escenario analizado durante los primeros 6 años.

4.2. Resultados de las modelaciones

Los resultados obtenidos en la ejecución de las modelaciones se presenta en el Cuadro N° 3. La situación de base posee una alta rentabilidad ya que con las operaciones de mantenimiento programadas reducen notablemente los costos de operación del sistema, justificándose ampliamente las obras de conservación con una Tasa de 54.1% y un Valor Presente Neto, para el caso de tasa de descuento de 12%, de 21,830 millones de pesos.

Como puede observarse la consideración de los costos exógenos en el sistema produce un aumento de la Tasa Interna de Retorno. No obstante disminuciones del orden del 25% y 50% de los costos de construcción y mantenimiento no cambian significativamente la misma.

La metodología de trabajo planteada en el tratamiento del problema permite comprender la incidencia que establece la consideración de obras complementarias a la vía en la justificación de las inversiones originalmente propuestas, para estos sistemas viales mixtos en las cuales la accesibilidad ejerce una influencia marcada en la economía regional.

Cuadro 2
Costos de Inversiones Requeridas en cada sistema para su mantenimiento

AÑOS	BASE	PROYECTO DE CONSERVACION 1	PROYECTO DE CONSERVACION 2	PROYECTO DE CONSERVACION 3
1	\$ 73.037	\$ 73.037	\$ 73.037	\$ 73.037
2	\$ 73.037	\$ 66.239	\$ 49.679	\$ 33.119
3	\$ 83.587	\$ 48.555	\$ 36.417	\$ 24.278
4	\$ 83.587	\$ 30.618	\$ 22.964	\$ 15.309
5	\$ 83.568	\$ 11.181	\$ 8.386	\$ 5.591
6	\$ 92.717	\$ 5.219	\$ 3.915	\$ 2.610

Cuadro 3
Indicadores Económicos de los Escenarios Planteados.
VPN (millones de \$ al 12%, T.I.R. en %).

TASA	BASE		PROYECTO 1		PROYECTO 2		PROYECTO 3	
	VPN	TIR	VPN	TIR	VPN	TIR	VPN	TIR
0%	86,58	54,1%	87,412	55,3%	87,440	55,6%	87,478	55,9%
8%	33,780		34,212		34,236		34,264	
10%	27,089		27,462		27,486		27,513	
12%	21,830		22,156		22,179		22,204	

5. CAMPO DE APLICACION DE LA MODELACION

La definición de las posibilidades de aplicación cierta del modelo de deterioro HDM-III dentro de un análisis global de conservación de una red de firmes naturales se encuentra totalmente condicionada a la posibilidad de que dicho modelo reproduzca, en forma más o menos cierta, las condiciones regionales sobre las que actúa.

La herramienta de planificación ha sido concebida sobre la base de importantes estudios en regiones con condiciones climáticas que van desde las zonas semiáridas de Kenya a las regiones húmedas y

cálidas del Brasil. Si bien, el rango de condiciones climáticas parece bastante amplio, las observaciones realizadas no muestran oscilaciones importantes, por lo menos en la magnitud que intuitivamente podría esperarse.

Las condiciones regionales, especialmente en la zona central de nuestro país muestran ciertas variaciones respecto de las empleadas en la definición del modelo. Los principales aspectos a valorar en este sentido pueden referirse a la forma en que se producen las precipitaciones en la zona y su acción erosiva sobre los caminos.

Respecto de las características estructurales de los tramos de definición se considera que más del 60% de las secciones estudiadas corresponden a caminos enarenados, situación que en una amplia zona del país no se presenta.

La posibilidad de aplicación del modelo no debe descartarse a pesar de las diferencias que se presentan entre el ámbito de desarrollo y aquel en el cual se lo pretende aplicar. La habilidad del mismo radica en la intención de explicación pseudo-descriptiva del fenómeno analizado. Evidentemente, la posible utilización en forma confiable del mismo está condicionada a la realización de un adecuado trabajo de calibración a las condiciones locales.

En caminos no pavimentados, el período de variación de su estado de conservación es notoriamente menor, por lo que la estimación concreta de los valores que debe reproducir el modelo se presenta como una tarea de concreción relativamente breve. En cualquier caso, los inconvenientes a salvar se encuentran relacionados con la definición de un sistema de adecuada caracterización del estado del camino y la adecuada caracterización de los valores medios anuales definidos en el modelo.

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones de esta serie de estudios que se ha tratado de compilar y resumir en este trabajo se pueden sintetizar en lo siguiente:

- Se han realizado experiencias concretas de caracterización y evaluación del estado de la red no pavimentada a través de sistemas de calificación cualitativos, los cuales han permitido obtener información adecuadamente sistematizada. Esta información ha sido empleada posteriormente en la definición de las variables globales que sirven de base para el empleo de los modelos numéricos de predicción global.
- Las condiciones regionales de los materiales componentes del sistema de caminos no pavimentados, junto con las características climáticas muestran su incidencia a la hora de establecer la política de inversión más adecuada. La misma puede ser establecida en función del volumen de tránsito. Para volúmenes reducidos (inferiores a 50 vehículos) se requieren costos de conservación de la vía reducidos. Para valores superiores de tránsito se observa que los costos de operación tienden a incrementarse aún con aumentos en los costos de conservación hasta un máximo, a partir del cual los costos se reducen con un aumento de las inversiones de mantenimiento y mejoramiento.
- Para cada nivel de tránsito se detecta un tipo de intervención adecuada, la cual puede llevar inclusive hasta el mejoramiento de la calzada. Estas intervenciones presentan variantes según las

condiciones regionales y las exigencias de tránsito, y se encuentran por tanto condicionadas a una adecuada calibración del modelo empleado.

- Se ha planteado una metodología de incorporación de costos exógenos al sistema valorando las inversiones requeridas para la reducción de la intransitabilidad del sistema.
- El modelo empleado requiere adaptaciones que posibiliten una mejor reproducción de procesos de deterioro locales ocasionados especialmente por fenómenos erosivos hídricos superficiales.

REFERENCIAS

De Prada, J.D., J. Boreto, M. Ferrando, A. García, J. Olmos y M. Sánchez (1994) Proyecto de Conservación y Ordenamiento de Tierras - General Deheza, Córdoba. Maestría en Formulación, Evaluación y Administración de Proyectos de Inversión. Universidad Nacional de Córdoba. Tomos I y II.

Eaton, R.A. y S. Gerard (1991) Results of unsurfaced - road rating surveys. Proc. 5° International Conference on Low - Volume Roads (1991). **Transportation Research Record N° 1291**. p. 113-119.

Eaton, R.A., S. Gerard y D.W. Cate (1988) **Rating Unsurfaced Roads. A Field Manual for Measuring Maintenance Problems**. Special Report 87-15. U.S. Army Corps of Engineers.

Horta, J.C. (1991) Rehabilitation and upgrading desing of earth and gravel roads in tropical developing countries 5° ICLWR. pp 215-223.

ISIT (1994) **Modelación del Deterioro en Caminos de la Red No Pavimentada de la Pcia. de El Chaco**. U.N.C.

ISIT (1995) **Modelación del Deterioro en Caminos de la Red No Pavimentada de la Pcia. de Neuquén**. U.N.C..

Jones, T.L. y Y. Promprasitn (1991) Maintenance or unpaved roads in wet climates. 5° ICLWR. pp. 265-277.

Masciarelli, E., M. Zeballos, F. Marhuenda y P. Arranz (1995) Gerenciamiento y Financiamiento de los Caminos No Pavimentados de la República Argentina. Premio P. Palazzo. Asociación Argentina de Carreteras.

Masciarelli, E., M. Zeballos, O. Patoco y F. Marhuenda (1993) Estudio técnico económico de conservación y planificación de mejoramientos de los caminos de firme natural. CONICOR. II Reunión de Centros de Transferencia de Tecnología. IPC. Santiago de Chile. Sept. 1993.

Paterson, W. (1987) Road Deterioration and Maintenance Effects: Models for Planning and Management. World Bank, Transportation Department.

Parsley, L.L. y R. Robinson (1982) The TRRL road investment model for developping countries (RTIM2). TRRL Laboratory Report 1057.

Queiroz, C., V. Fonseca y A Dos Santos (1991) Economical Aparaisal of Guinea - Bissan Usin HDN-III and EBM Models. 5° ICLWR pp 105-115.

Rada, G. et al. (1989) Analysis of Climate Effects on Performance of Unpaved Roads. **Journal of Transportation Engineering** 115 (4).

Sayers, M.W., Gillespie, T.D. y Paterson, W.O. (1986) Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements.. World Bank Technical Paper Number 46.

Visser, A.T. y W.R. Hudson (1983) Perfomance, desing and maintenance relationships for unpaved low-volume roads. TRR 898, TRB, National Research Courial, Washington, D.C. pp 164-174.

Walker, D.M. (1991) Evaluation and Rating of Gravel Roads. 5° ICLWR pp. 120-125.

Watanatada, T., W. Paterson, C. Harral (1987) The Higway Design and Maintenance Standards Model. World Bank Publication.